

## ‘油榛’林下套种多花黄精对细根分布的影响

彭小博<sup>1</sup>, 刘跃钧<sup>2</sup>, 葛永金<sup>2</sup>, 谢建秋<sup>2</sup>, 何小勇<sup>2</sup>, 袁德义<sup>1</sup>

(1. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004; 2. 浙江省丽水市林业科学研究院, 浙江 丽水 323000)

**摘要:** 试验地设在浙江庆元县‘油榛’(*Castanea henryi* cv. *youzhen*)林, 2013年9月套种多花黄精(*Polygonatum cyrtonema*), 2015年11月, 采用分层抽样方法通过环刀取样进行细根的采样及测定, 以不套种为对照(清耕)。结果显示, 复合系统下‘油榛’细根根长的垂直分布重心深度为0.26 m, 比清耕模式下(0.32 m)上移了0.06 m; 复合系统下细根根长的水平分布重心为距树干基部1.54 m, 比清耕模式下(1.06 m)向树干基部远离了0.48 m。试验结果表明, 在‘油榛’林下套种多花黄精, ‘油榛’细根的数量和分布均受到一定程度的正影响, 但是细根的吸水效率有所降低。

**关键词:** ‘油榛’; 多花黄精; 细根; 农林复合系统; 细根分布

中图分类号: S753.53<sup>+</sup>6

文献标识码: A

## Effect of Interplanting of *Polygonatum cyrtonema* in *Castanea henryi* cv. *youzhen* on Spatial Distribution of Fine Roots

PENG Xiao-bo<sup>1</sup>, LIU Yue-jun<sup>2</sup>, GE Yong-jin<sup>2</sup>, XIE Jian-qi<sup>2</sup>, HE Xiao-yong<sup>2</sup>, YUAN De-yi<sup>1</sup>

(1. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2. Lishui Forestry Institute of Zhejiang, Lishui 323000, China)

**Abstract:** Experiments were conducted at *Castanea henryi* cv. *youzhen* stand in Qingyuan, Zhejiang province. *Polygonatum cyrtonema* was interplanted in September of 2013 at *C. henryi* cv. *youzhen* stand. Determinations on fine roots were implemented by stratified sampling in November of 2015, taking pure *C. henryi* cv. *youzhen* stand as control. The results showed that under interplanting condition, vertical distribution of fine roots of *C. henryi* cv. *youzhen* concentrated in depth of 0.26m, 0.06m upper than that of the control. Horizontal distribution of fine roots under interplanting model concentrated 1.54m away from the trunk, 0.48m farther than that of the control. The experiments resulted that interplanting had positive effect on quantity and distribution of fine root of *C. henryi* cv. *youzhen*, but negative one on water absorption of fine roots.

**Key words:** *Castanea henryi* cv. *youzhen*; *Polygonatum cyrtonema*; fine roots; interplanting; root distribution

浙江省‘油榛’(*Castanea henryi* cv. ‘*youzhen*’)产地主要为庆元、龙泉、兰溪、缙云、仙居等县(市), 其中庆元县是浙江省‘油榛’主产区, 人工栽培历史200多年<sup>[1-2]</sup>。多花黄精(*Polygonatum cyrtonema*)分布浙江等地, 是药食同源的多年生草本植物, 为中国传统大宗药材, 具有补气养阴、健脾、润肺、益肾等功效, 是工厂化生产药品、保健品等的原料, 市场需求量日渐增长<sup>[3]</sup>。西南山地、丘陵地区在坡地用矮化乔木间种农作物, 能有效地防止水土流失和提高土壤肥力, 取得了良好的经济效益、生态效益和社会效益<sup>[4]</sup>。同时许多研究发现, 在温带地区, 林-作对土壤有效水分的竞争, 导致林-作产量下降, 随着土壤水分亏缺, 林-作间的竞争会逐渐激烈<sup>[5-7]</sup>。细根的分布通过影响树木地下营养空间的大小和对土壤水分、养分的吸收, 直接影响树木地上部分的生长。植物细根(直径小于2 mm的根)的水平分布范围代表着植物吸收营养能力的大小, 也决

定着细根对地下资源(水肥)的利用效果<sup>[8]</sup>。林-作复合经营地下竞争是否激烈, 对产量影响巨大。因此, 研究‘油榛’林下间作多花黄精对‘油榛’细根分布的影响, 以期复合系统物种的合理配置提供依据。

## 1 材料与方方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在浙江省庆元县余村村, 27°25′~27°51′N, 118°50′~119°30′E。属亚热带季风区, 温暖湿润, 四季分明, 年平均气温 17.4℃, 年降水量 1 760 mm, 年无霜期 245 d。试验地‘油榛’林于 2004 年建园栽植, 土壤为黄壤。株行距 4 m×4 m; 2013 年 9 月, 在‘油榛’林下的水平带上套种多花黄精(块茎种植), 水平带状整地, 带宽 1.5~2.0 m, 深挖 15~20 cm, 带内株行距 30 cm×30 cm, 根据地形开好排水沟。两条种植带之间必须有一条 50 cm 宽的生态维护带不整地, 原来就建有水平带的林地, 带外则 30 cm 的范围内不整地, 以减少水土流失。基肥埋于土壤 20 cm 处, 在‘油榛’清耕处也做相同处理。

### 1.2 研究方法

1.2.1 细根的采样及测定 为研究‘油榛’复合系统模式和‘油榛’清耕模式下细根(直径小于 2 mm 的根)分布特征, 2015 年 11 月进行取样。采用分层抽样的根系调查方法, 分别在梯田田面的中间部位选取 3 株平均木, 样木树形为自然开心行, 平均高度 3.2±0.3 m, 平均地径 13.8±0.3 cm, 平均冠幅 4.0 m×4.0 m, 生长良好无病害。

以样木树干基部为中心, 在平行行间方向, 对称选择 2 个区域, 每个区域水平径向 2.0 m, 以距树干基部分 0~0.5 m, 0.5~1.0 m, 1.0~1.5 m, 1.5~2.0 m 四个点, 取样深度为 0.6 m, 每 0.1 m 为 1 层, 分 6 个层面, 共 24 个取样点。环刀直径×高为 50.46 mm×50 mm, 容积 100 cm<sup>3</sup>。

1.2.2 细根处理 将所取带根土团编号后装入孔径为 0.5 mm 的网袋中, 放入标签, 带回。放入池水中浸泡 24 h 后, 用清水冲刷掉袋内的泥土; 再把根样从网袋中取出, 放入盆中, 加适量的蒸馏水, 去除杂质和死根(根据颜色、外形、弹性等区别死根和活根), 拣出细根; 并对复合系统中的‘油榛’细根和多花黄精细根(因多花黄精根系是黄白色肉质根, 与‘油榛’细根为黄褐色很易区分)加以区分。

1.2.3 数据处理 将选好的细根用 ESPON 扫描仪获取根系形态结构图像, 用 Win Rhizo 根系分析系统分析其根长、表面积、平均直径, 最后将细根放入烘箱中于 80℃烘至恒质量, 测其干质量(精确到 0.000 1 g), 采用公式(1)将细根根长数据转变为密度值<sup>[9]</sup>。

$$X_i = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_i}{nk} \cdot \frac{1}{\pi r^2 h} \quad (1)$$

式中:  $X_i$  为根长密度值,  $x_i$  为根长,  $r$  为根钻半径(4.5 cm),  $h$  为每次取样土层厚度(10 cm),  $n$ ,  $k$  分别为样木总数和样点总数。根据根系分布重心用公式(2)计算。

$$WH = \sum_{i=1}^n D_i P_i \quad (2)$$

式中:  $WH$  为根系分布重心; 计算垂直分布重心时,  $D_i$  为每层钻心的深度,  $P_i$  为每层根长占总根长的百分比; 计算水平分布重心时,  $D_i$  为每个水平径向采样范围的中心位置到树干基部的距离,  $P_i$  为每个水平径向采样范围的根长占总根长的百分比。比根长为根长密度与生物量密度的比值。

1.2.4 数据统计与分析 用 Microsoft Excel 软件进行试验数据的初步整理及图表制作, 试验结果的统计分析用 SPSS16.0 软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 ‘油榛’细根垂直分布规律

2.1.1 生物量密度和根长密度 由图 1 可以看出, 清耕和复合系统的生物量随着土层向下, 都是先增加后减少, 清耕和复合系统生物量密度最高点分别在 20~30 cm 土层和 10~20 cm 土层。数据统计显示, 复合经营的生物量远大于清耕且差异性显著 ( $P<0.05$ )。

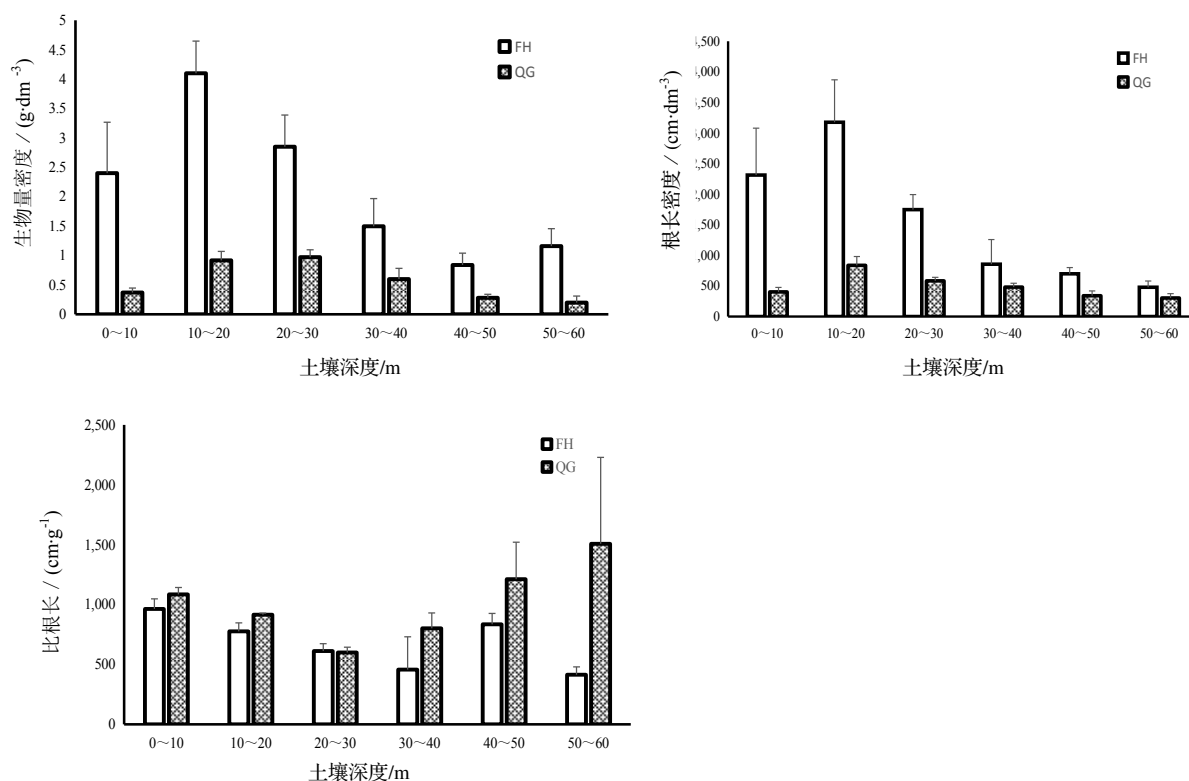


图 1 ‘油榛’根系垂直分布特征

Figure 1 Vertical distribution of root system of *C. henryi* cv. 'youzhen'

比较分析图 1 可以看出, 清耕与复合系统下根长密度峰值都出现在 10~20 cm 处, 且都从 10cm 处开始, 随着土层向下而逐渐降低。清耕和复合系统在 10~40 cm 处土层中其根长分别占总量的 64.54%和 78.17%, 差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。根据公式 (2), 复合系统下细根的垂直分布重心为深度 0.26 m, 小于清耕 (0.32 m), 差异达显著水平 ( $P<0.05$ ), 表明复合系统根系上移。这可能是种植多花黄精后, 土壤变疏松且含水量增加, 使细根向上生长。

2.1.2 比根长 清耕的比根长在 0~60 cm 土层中随土层向下呈先降低再升高的整体趋势, 复合系统比根长在 0~60 cm 基本上随着土壤向下而逐渐降低的垂直变化规律。清耕最小比根长和最大比根长分别分布在 20~30 cm 和 50~60 cm 土层, 清耕 50~60 cm 土层的根系生物量密度和根长密度都较低, 所以相对而言比根长在各层次中是最大的, 达到  $1\,507.18\text{ cm}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 而 20~30 cm 土层尽管生物量最大, 但由于其根长密度也较大, 因此比根长反而最小, 仅为  $914.411\text{ cm}\cdot\text{g}^{-1}$ , 占 0~60 cm 比根长的 14.94%; 复合系统最小比根长和最大比根长分别分布在 50~60 cm 和 0~10 cm 土层。清耕 20~30 cm 土层的细根比根长小, 平均直径大, 说明该层次细根吸收一定的水分和养分需要更多的能量。

### 2.2 ‘油榛’细根水平分布规律

2.2.1 生物量密度和根长密度 清耕的生物量密度在 0~0.5 m 处最大, 距离树干中心越远, 细根的生物量密度逐渐变小。复合系统的生物量密度在 0.5~1.0 m 处最大, 生物量密度并不随距树干中心越远而呈逐渐减少的趋

势。统计数据显示,距树干中心位置 0~0.5 m, 0.5~1.0 m, 1.0~1.5 m, 1.5~2.0 m 范围内的清耕细根生物量分别占其总量的 37.40%, 37.00%, 17.93%, 7.67%, 复合系统细根生物量分别占其总量的 30.03%, 30.89%, 20.73%, 18.36%。

根据公式(2),复合系统细根的水平分布重心为 1.542 m, 大于清耕模式下的重心(1.067 m)。差异达显著水平( $P<0.05$ );复合系统各水平径向分布的根长密度远大于清耕且差异性显著( $P<0.05$ )。由图 2 可以看出,‘油榛’根系水平分布范围可至 2 m 处,清耕的根长密度在 0~0.5 m 处最大,距离树干中心越远,细根的根长密度逐渐变小,复合系统的根长密度在 0.5~1.0 m 处最大,根长密度并不随距树干中心越远而呈逐渐减少的趋势。统计数据,距树干中心位置越远,清耕模式下的根长分别占根长总量的 34.83%, 30.75%, 20.68%, 13.75%, 复合系统的根长分别占根长总量的 26.91%, 31.17%, 25.77%, 16.15%。可见复合系统促进了‘油榛’细根的水平伸展距离。

2.2.2 比根长 统计数据,距树干中心位置越远,清耕的比根长分别占总量的 19.79%, 17.65%, 24.50%, 38.06%, 复合系统的比根长分别占总量的 21.26%, 28.37%, 29.50%, 20.87%。由图 2 可知,清耕中受生物量和根长共同作用的比根长,在 1.5~2 m 处最大,细根平均直径在 1.5~2 m 处最小,其他差异不大,说明 1.5~2 m 处吸水效率较高。复合系统的生物量和根长两个指标在不同水平距离间变化幅度与比根长的变化幅度都不大,说明所测细根吸收功能变弱,可能是套种多花黄精后,土壤更疏松、水分含量增加后,细根根长密度大幅增加,单位面积的细根不需要过多吸收水分和养分。

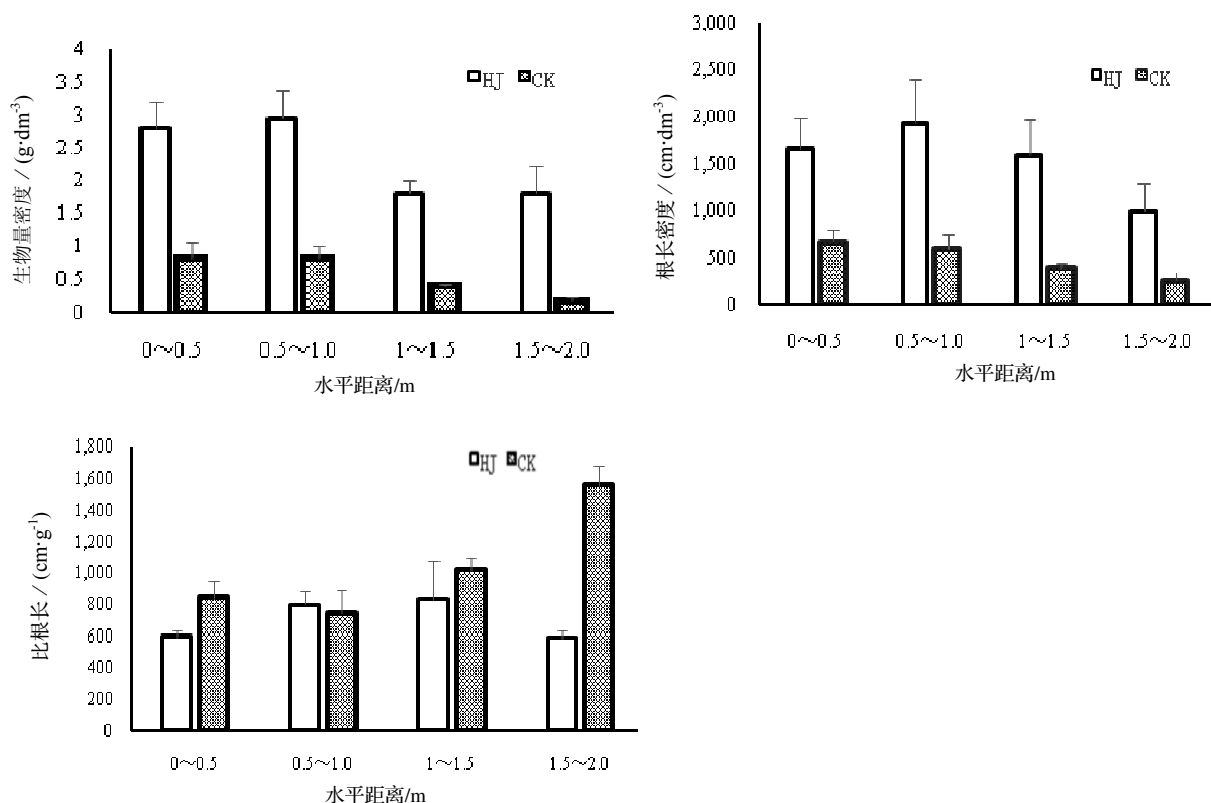


图 2 ‘油榛’根系水平分布特征

Figure 2 Horizontal distribution of root of *Castanea henryi* cv. ‘youzhen’

### 3 结论与讨论

清耕与复合系统都施同样基肥。林下遮荫环境下,多花黄精没有额外浇水,剔除施肥对‘油榛’根系的影响。在清耕和复合系统下,‘油榛’细根分布随土壤深度加深而减小,但是,复合系统下的‘油榛’细根有上

移现象;套种多花黄精也影响到‘油榛’细根的水平分布,虽然两种条件下‘油榛’细根均可延伸至2.0 m,但清耕7.67%的生物量(13.75%根长)分布在1.5~2.0 m,而复合系统却有18.36%的生物量(16.15%的根长)。复合系统还从总量和效率上影响着细根的分布,套种多花黄精条件下的‘油榛’平均生物量和平均根长分别是相对应的清耕模式下的‘油榛’的3.84和3.14倍,但清耕模式下的‘油榛’的比根长是复合系统下比根长的1.22倍,复合系统虽然增加了生物量密度和根长密度,但降低了根系对水分和养分的利用效率。

分析显示,清耕和复合系统条件下,细根分布存在一定差异,林木与作物互相影响,为获得生长所需的营养,尽量从土壤中吸收,导致细根产生各种可塑性反应<sup>[10~15]</sup>。王来等<sup>[14]</sup>对核桃-小麦复合系统进行的研究表明,核桃根系的垂直分布呈负指数型分布,这点与本研究进行的锥栗-多花黄精复合系统中锥栗根系的垂直分布结果一致。并且指出如果没有小麦的干扰,核桃根系有上移现象,但该研究主要是深根系的间作模式,而此次套种的为浅根系根状茎的多花黄精,因此出现‘油榛’根系上移现象与王来等<sup>[13]</sup>对核桃-小麦的研究根系下移结果不一致。传统林作对水分竞争激烈,‘油榛’与多花黄精的林作主要根系范围错开,竞争不激烈且多花黄精使土层土壤疏松,诱使‘油榛’细根大幅增加,促进了‘油榛’细根生长。这些研究均表明林木和间作物之间会产生影响,关键是正影响还是负影响。本研究结果显示‘油榛’-多花黄精复合系统下‘油榛’细根的量 and 分布均受到一定程度的正影响,但是细根的吸水效率有所降低。

#### 参考文献:

- [1] 夏瑞满, 吴东平, 吴云峰, 陈必新, 杨平昆, 刘章华. 我国‘油榛’主产区发展现状与对策[J]. 中南林业调查规划, 2008, 27(03): 59-61.
- [2] 樊艳荣, 陈双林, 杨清平, 李迎春, 郭子武, 陈珊. 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(06): 1471-1480.
- [3] 王玲玲, 何丙辉. 农林复合经营实践与研究进展[J]. 贵州大学学报(农业与生物科学版), 2002, 21(06): 448-452.
- [4] Gillespie A. R., Jose S., Mengel D. B., et al. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the Midwestern USA: 1. Production physiology[J]. Agroforestry Systems, 2000, 48: 25-40.
- [5] Miller A. W., Pallardy S. G. Resource competition across the crop-tree interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri[J]. Agroforestry Systems, 2001, 53: 247-259.
- [6] Govindarajan M., Rao M. R., Mathuva M. N., et al. Soil- water and root dynamics under hedgerow intercropping in semiarid Kenya[J]. Agronomy Journal, 1996, 88: 513-520.
- [7] 马长明, 翟明普, 刘春鹏. 单作与间作条件下核桃根系分布特征研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(06): 181-186.
- [8] 赵忠, 成向荣, 薛文鹏, 王迪海, 袁志发. 黄土高原不同水分生态区刺槐细根垂直分布的差异[J]. 林业科学, 2006, 42(11): 1-7.
- [9] 杨喜田, 杨小兵, 曾玲玲, 范增伟. 林木根系的生态功能及其影响根系分布的因素[J]. 河南农业大学学报, 2009, 43(06): 681-690.
- [10] 涂书新, 孙锦荷, 郭智芬, 谷峰. 植物根系分泌物与根际营养关系评述[J]. 土壤与环境, 2000, 9(01): 64-67.
- [11] MOUP, MICHELL R J, JONES R H. Root distribution of two tree species under a heterogeneous nutrient environment[J]. JAppl Ecol, 1997, 34(09): 645-656.
- [12] GROSS K L, PETER A, PREGITZER K S. Fine root growth and demographic responses to nutrient patches in four old-field plant species[J]. Oecologia, 1993, 95(03): 61-64.
- [13] 王来, 仲崇高, 蔡靖, 姜在民, 张硕新. 核桃-小麦复合系统中细根的分布及形态变异研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(07): 64-70.
- [14] 彭晓邦, 张硕新. 商洛低山丘陵区核桃-黄芩农林复合系统中植物根系分布特征[J]. 西北农业学报, 2013, 22(09): 171-177.